

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-241193

(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl.

C30B 29/04

G02B 1/00

G02B 1/11

G02B 5/02

(21)Application number : 2001-037284

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 14.02.2001

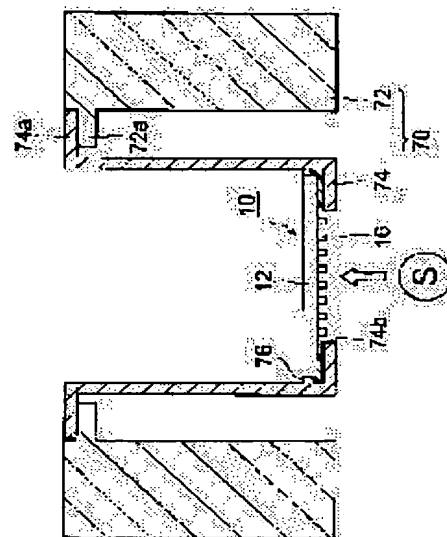
(72)Inventor : YAMAMOTO YOSHIYUKI  
IMAI TAKAHIRO

## (54) WINDOW MATERIAL, OPTICAL WINDOW AND METHOD FOR PRODUCING THE WINDOW MATERIAL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a window material and an optical window having improved light transmittance while maintaining excellent thermal conductivity and durability peculiar to diamond, and to provide a method for producing the window material.

**SOLUTION:** In the light transmitting window material 10 having a plate-like substrate 12 made of diamond, a plurality of diamond projected parts 16 formed according to a prescribed rule are formed integrally with the substrate 12.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

..  
-  
..  
-

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-241193

(P2002-241193A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002.8.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト*(参考)		
C 3 0 B	29/04	C 3 0 B	29/04	W	2 H 0 4 2
G 0 2 B	1/00	G 0 2 B	1/00		2 K 0 0 9
	1/11		5/02	C	4 G 0 7 7
	5/02		1/10	A	

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-37284(P2001-37284)

(22) 出願日 平成13年2月14日 (2001.2.14)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 山本 喜之

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 今井 貴浩

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

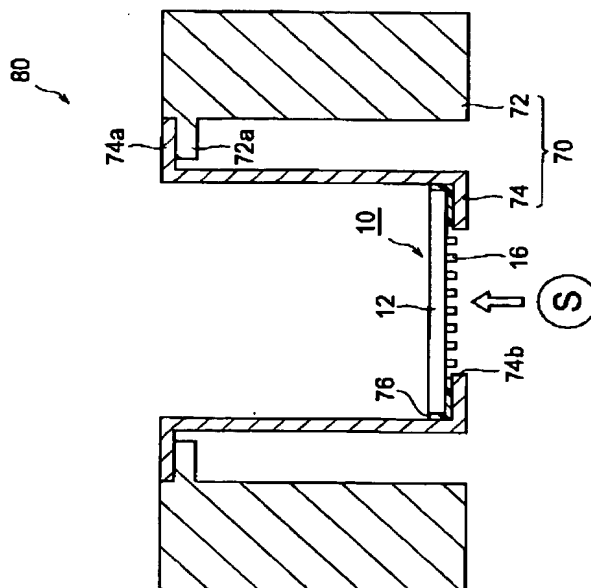
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窓材、光学用窓、および窓材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ光透過率の向上が実現された窓材、光学用窓、および窓材の製造方法を提供すること。

【解決手段】 ダイヤモンドからなる板状の基板12を有し、光を透過させる窓材10において、所定の規則に従って形成された複数のダイヤモンド突部16が基板12と一体的に形成されていることを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ダイヤモンドからなる板状の基板を有し、光を透過させる窓材において、所定の規則に従って形成された複数のダイヤモンド突部が前記基板と一体的に形成されていることを特徴とする窓材。

【請求項 2】 前記複数のダイヤモンド突部は、前記基板の両面に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の窓材。

【請求項 3】 前記所定の規則は、各ダイヤモンド突部がマトリックス状に配されていることであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の窓材。

【請求項 4】 前記ダイヤモンド突部の形状は、円柱状、角柱状、円錐状、または角錐状であることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のうち何れか一項記載の窓材。

【請求項 5】 隣り合う前記ダイヤモンド突部の間隔は、 $0.5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1～請求項 4 のうち何れか一項記載の窓材。

【請求項 6】 前記ダイヤモンド突部の高さは、 $0.5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1～請求項 5 のうち何れか一項記載の窓材。

【請求項 7】 波長  $5\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$  の間に、帯域幅  $100\text{nm}$  以上の波長範囲で透過率が  $80\%$  以上となる波長領域が存在することを特徴とする請求項 1～請求項 6 のうち何れか一項記載の窓材。

【請求項 8】 請求項 1～請求項 7 のうち何れか一項記載の窓材と、

光を通過させる開口部を有すると共に真空装置に取り付け可能な接合部材と、を備え、

前記窓材は、前記開口部を塞ぐように前記接合部材に取り付けられていることを特徴とする光学用窓。

【請求項 9】 ダイヤモンドからなり、光を透過させる窓材の製造方法において、ダイヤモンドからなる板状の基板と一体的に、所定の規則に従って複数のダイヤモンド突部を形成して前記窓材とすることを特徴とする窓材の製造方法。

【請求項 10】 前記基板の表面の前記ダイヤモンド突部を形成すべき部分にマスクを形成する工程と、前記マスクが形成された前記基板の表面をエッチングし、前記マスクで覆われた部分に前記複数のダイヤモンド突部を形成する工程と、を含むことを特徴とする請求項 9 記載の窓材の製造方法。

【請求項 11】 前記ダイヤモンド突部を形成すべき部分を除いて前記基板の表面にマスクを形成する工程と、前記マスクが形成されていない前記基板上に気相合成法によってダイヤモンドを成長させ、前記複数のダイヤモンド突部を形成する工程と、を含むことを特徴とする請求項 9 記載の窓材の製造方法。

【請求項 12】 前記基板の表面の前記ダイヤモンド突部を形成すべき部分にマスクを形成する工程と、前記マスクが形成された前記基板の表面をエッチングし、前記マスクで覆われた部分に隆起部を形成する工程と、

前記マスクを除去する工程と、

前記隆起部を核として気相合成法によってダイヤモンドを成長させ、前記ダイヤモンド突部を形成する工程と、を含むことを特徴とする請求項 9 記載の窓材の製造方法。

【請求項 13】 前記ダイヤモンド突部を形成すべき部分を除いて前記基板の表面にマスクを形成する工程と、前記マスクが形成されていない前記基板上に気相合成法によってダイヤモンドをエピタキシャル成長させ、複数の隆起部を形成する工程と、

前記マスクを除去する工程と、

前記隆起部を核として気相合成法によってダイヤモンドを成長させ、前記ダイヤモンド突部を形成する工程と、を含むことを特徴とする請求項 9 記載の窓材の製造方法。

【請求項 14】 前記ダイヤモンド突部は、四角錐状、四角錐台状、または、頂部に稜線を有する四面体であることを特徴とする請求項 12 または請求項 13 記載の窓材の製造方法。

【請求項 15】 前記エッチングは、反応性イオンエッチング法で行うことを特徴とする請求項 10 または請求項 12 記載の窓材の製造方法。

【請求項 16】 前記複数のダイヤモンド突部を、前記基板の両面に形成することを特徴とする請求項 9～請求項 15 のうち何れか一項記載の窓材の製造方法。

【請求項 17】 前記所定の規則は、各ダイヤモンド突部がマトリックス状に配されていることであることを特徴とする請求項 9～請求項 16 のうち何れか一項記載の窓材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学部品の中でも特に高い光透過率が要求される窓材、この窓材が適用される光学用窓、および窓材の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ダイヤモンドは、広い光波長範囲で物質特有の吸収帯が無く、熱伝導率およびヤング率が常温で物質中最大であること等の優れた特性を有している。このような特性から、例えば特開平 9-33704 号公報に開示されたようにダイヤモンドは超高真空装置の光透過用窓材として利用されている。これは、かかる窓材には、様々な波長の光に対して透明で高強度の光が透過した際に発生する熱を効率よく逃すことができる高い熱伝導性が要求されるためであり、上記特性を有するダイ

モンドが好適なのである。また、ダイヤモンドは、上記のようにヤング率が高いことから、同一の開口径を持った光学用窓を製作する場合に窓材の厚さが薄くても強度が高く、X線等の透過窓材としても非常に優れた特性を発揮する。

【0003】ところが、ダイヤモンドをこのような用途に適用する場合の問題の一つとして、その表面反射率の高さが挙げられる。ダイヤモンドの屈折率は例えば波長2～20  $\mu\text{m}$ では約2.4程度であり、ダイヤモンド特有の吸収がない波長領域でも、真空中或いは大気中における理論透過率は表面反射の影響で71%と低くなってしまう。表面反射は、光学系の透過率を低下させ、また像のコントラストを劣化させるため、反射防止を行う必要が生じる。

【0004】そして、光学部品の反射防止のために広く用いられているのが、反射防止膜である。素材の反射率を $n$ 、薄膜の屈折率を $n_1$ 、膜厚を $d$ とすると、 $n_1 = \sqrt{n}$ 、膜厚 $d = \lambda/4$ のとき、波長 $\lambda$ の光に対してその表面は無反射となる。反射防止膜は、この原理を応用したものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記反射防止膜を利用したダイヤモンド製の窓材には、次のような問題があった。すなわち、一般的に上記のような反射防止膜は耐久性に乏しいことから、耐久性の高いダイヤモンドを使用しても、窓材の光透過率を高い状態で保持することが困難であった。また、反射防止膜は一般的に高強度光の入射など厳しい条件下での使用に耐えられないことから、高い熱伝導性を有するダイヤモンドを折角使用しても、窓材全体としては高強度光に耐えられないものとなってしまう。

【0006】本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ光透過率の向上が実現された窓材、光学用窓、および窓材の製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、ダイヤモンドからなる板状の基板を有し、光を透過させる窓材において、所定の規則に従って形成された複数のダイヤモンド突部が基板と一体的に形成されていることを特徴とする。

【0008】このように、基板と一体的に複数のダイヤモンド突部を所定の規則に従って形成した構造をとることで、反射防止膜を表面に設けたときと同様に窓材の表面の屈折率を所望の値に調整できることを見出した。断面積が一定である突部（例えば円柱、角柱等）を所定の規則に従い形成すると、突部層全体の見かけの屈折率がダイヤモンドの屈折率と大気（真空）の屈折率との中間の値をとる。そこで、突部層の厚さや突部の配置を最適

化することで、所望の屈折率を有する突部層を得ることができることを見出した。さらに、円錐や角錐等の断面積が厚さ方向に変化する突部を形成すると、突部層全体の見かけの屈折率は、ダイヤモンドの屈折率から大気

（真空）の屈折率へ連続的に変化させることも可能であることを見出した。さらに、各ダイヤモンド突部の高さおよび間隔を調整することで、光透過率を所望の値に設定することができる。これにより、本発明の窓材は、反射防止膜を設けることなく、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ光透過率の高いものとなっている。

【0009】具体的には、本発明の窓材では、波長5  $\mu\text{m}$ ～100  $\mu\text{m}$ の間に、帯域幅100 nm以上の波長範囲で透過率が80%以上となる波長領域が存在することが実験により判明した。

【0010】また、複数のダイヤモンド突部は、基板の両面に形成されていることが好ましい。基板の両面にダイヤモンド突部を形成することで、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を損なうことなく、光透過率をさらに向上させることができる。

【0011】また、上記の所定の規則は、各ダイヤモンド突部がマトリックス状に配されていることであることが好ましい。このようにマトリックス状にダイヤモンド突部を配することで、光透過率が高まることが本発明者らによって見出された。また、ダイヤモンド突部の形状は、円柱状、角柱状、円錐状、または角錐状であることが好ましい。

【0012】また、隣り合うダイヤモンド突部の間隔は、0.5  $\mu\text{m}$ ～10  $\mu\text{m}$ であることが好ましい。また、ダイヤモンド突部の高さは、0.5  $\mu\text{m}$ ～10  $\mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0013】また、上記目的を達成するために、本発明の光学用窓は、上記の窓材と、光を通過させる開口部を有すると共に真空装置に取り付け可能な接合部材と、を備え、窓材は、開口部を塞ぐように接合部材に取り付けられていることを特徴とする。

【0014】本発明の光学用窓には、上記本発明の窓材が適用されるため、反射防止膜を設けることなく、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ、真空装置からの光を高い透過率で透過させることができる。従って、本発明の光学用窓を用いれば、高精度の光学測定を行うことができる。

【0015】また、上記目的を達成するために、本発明の窓材の製造方法は、ダイヤモンドからなり、光を透過させる窓材の製造方法において、ダイヤモンドからなる板状の基板と一体的に、所定の規則に従って複数のダイヤモンド突部を形成して窓材とすることを特徴とする。

【0016】本発明の窓材の製造方法によれば、ダイヤモンドからなる基板と一体的に、所定の規則に従って配された複数のダイヤモンド突部を形成することができ

る。そして、反射防止膜を表面に設けたときと同様に窓材の表面の屈折率を所望の値に調整できることを見出した。断面積が一定である突部（例えば円柱、角柱等）を所定の規則に従い形成すると、突部層全体の見かけの屈折率がダイヤモンドの屈折率と大気（真空）の屈折率との中間の値をとる。そこで、突部層の厚さや突部の配置を最適化することで、所望の屈折率を有する突部層を得ることができることを見出した。さらに、円錐や角錐等の断面積が厚さ方向に変化する突部を形成すると、突部層全体の見かけの屈折率は、ダイヤモンドの屈折率から大気（真空）の屈折率へ連続的に変化させることも可能である。さらに、ダイヤモンド突部の高さおよび頭頂部の間隔を調整することで、光透過率を所望の値に設定することができる。これにより、得られた窓材は、反射防止膜を設けることなく、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ光透過率の高いものとなっている。

【0017】また、本発明の窓材の製造方法において、基板の表面のダイヤモンド突部を形成すべき部分にマスクを形成する工程と、マスクが形成された基板の表面をエッチングし、マスクで覆われた部分に複数のダイヤモンド突部を形成する工程と、を含んでもよい。

【0018】また、本発明の窓材の製造方法において、ダイヤモンド突部を形成すべき部分を除いて基板の表面にマスクを形成する工程と、マスクが形成されていない基板上に気相合成法によってダイヤモンドを成長させ、複数のダイヤモンド突部を形成する工程と、を含んでもよい。

【0019】また、本発明の窓材の製造方法において、基板の表面のダイヤモンド突部を形成すべき部分にマスクを形成する工程と、マスクが形成された基板の表面をエッチングし、マスクで覆われた部分に隆起部を形成する工程と、マスクを除去する工程と、隆起部を核として気相合成法によってダイヤモンドを成長させ、ダイヤモンド突部を形成する工程と、を含むことが好ましい。このように、一旦エッチングで隆起部を形成し、この隆起部を核としてダイヤモンドを気相合成法によって成長させることで、ダイヤモンド突部を所望の形に制御し易くなる。

【0020】また、本発明の窓材の製造方法において、ダイヤモンド突部を形成すべき部分を除いて基板の表面にマスクを形成する工程と、マスクが形成されていない基板上に気相合成法によってダイヤモンドをエピタキシャル成長させ、複数の隆起部を形成する工程と、マスクを除去する工程と、隆起部を核として気相合成法によってダイヤモンドを成長させ、ダイヤモンド突部を形成する工程と、を含むことを特徴としてもよい。このような工程を経る場合も、隆起部を核としてダイヤモンド突部を形成することで、ダイヤモンド突部を所望の形に制御し易くなる。

【0021】また、上記のように隆起部を核としてダイヤモンド突部を形成する場合は、その形状を制御し易いが、特に、ダイヤモンド突部は、四角錐状、四角錐台状、または、頂部に稜線を有する四面体であることが好ましい。ダイヤモンド突部をこのような形状にすることで、窓材の光透過率をより確実に向上させることができる。

【0022】また、上記のエッチングは、反応性イオンエッチング法で行うことが好ましい。反応性イオンエッチング法を利用することで、高精度でダイヤモンド突部を所望の形状にすることができる。

【0023】また、本発明の窓材の製造方法において、複数のダイヤモンド突部を、基板の両面に形成することが好ましい。このように、基板の両面にダイヤモンド突部を形成することで、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を損なうことなく、光透過率をさらに向上させることができる。

【0024】さらに、本発明の窓材の製造方法において、上記所定の規則は、各ダイヤモンド突部がマトリックス状に配されていることであることが好ましい。このようにマトリックス状にダイヤモンド突部を配することで、光透過率を著しく向上させることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明に係る窓材、光学用窓、および窓材の製造方法の好適な実施形態について詳細に説明する。尚、同一要素には同一符号を用いるものとし、重複する説明は省略する。

【0026】[第1実施形態] 図1は、本実施形態の窓材10を適用した光学用窓80を示す断面図である。光学用窓80は、高真空中で真空紫外から赤外領域まで、或いは更に広い波長領域における光学測定を行う場合等に使用される真空装置に取り付けられるものであり、真空領域Sからの光を透過させるダイヤモンド製の窓材10と、真空装置（図示省略）に取り付けられるとともにAgCl等の接合材76で窓材10が接合される接合部材70と、を備えている。

【0027】接合部材70は、真空装置と直接連結される外枠72と、窓材10が接合される内枠74とから構成されており、外枠72と内枠74とはフランジ72a、74aを係合させることで連結されている。また、接合部材70の内枠74には、真空領域Sからの光を通過させるための円形の開口部74bが形成されており、この開口部74bを塞ぐように窓材10が取り付けられている。

【0028】図2は、図1の光学用窓80に適用した窓材10を示す斜視図である。窓材10は、単結晶ダイヤモンドからなる板状の基板12と、この基板12と一体的に形成された複数のダイヤモンド突部16とから構成されている。各ダイヤモンド突部16は円柱状とされ、基板12上でマトリックス状に規則的に整列して配され

10

10

20

30

40

50

【００３７】〔第３実施形態〕次に、図６を参照して、本発明の第３実施形態を説明する。本実施形態が第１実施形態と異なるのは、ダイヤモンド突部１６の形成方法である。まず、図６（ａ）に示す工程で、ダイヤモンド突部を形成すべき部分を除いて基板１２の表面にマスク２４を形成する。マスク２４の窓は、マトリックス状に形成されている。そして、図６（ｂ）に示す工程で、マイクロ波プラズマＣＶＤ法を用いたダイヤモンド合成技術により、マスク２４の窓からダイヤモンドを成長させて、複数の円柱状のダイヤモンド突部１６を基板１２と一体的に形成する。マイクロ波プラズマＣＶＤ法は、公

知のマイクロ波装置を用いることで実現することができる。ダイヤモンド突部 16 を形成した後、図 6 (c) に示す工程でマスク 24 を除去し、本実施形態の窓材 10 が完成する。

【0038】 以上のようにして得られた窓材 10 は、ダイヤモンド突部 16 が基板上にマトリックス状に配されているため、第 1 実施形態と同様に、反射防止膜を設けること無く、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ光透過率の高いものとなっている。

【0039】 尚、ダイヤモンド突部 16 をマスクの窓から成長させるための気相合成法は、マイクロ波プラズマ CVD 法に限られず、熱フィラメント CVD 法、ECR プラズマ CVD 法、燃焼炎法などの様々な手法を利用することができる。但し、この中でもマイクロ波プラズマ CVD 法を用いれば、比較的容易に大型且つ高品質のダイヤモンド突部を形成することができる。

【0040】 [第 4 実施形態] 次に、図 7 を参照して、本発明の第 4 実施形態を説明する。本実施形態が第 1 実施形態と異なるのは、ダイヤモンド突部 16 の形成方法である。まず、図 7 (a) に示す工程で、基板 12 のダイヤモンド突部を形成すべき部分に、円形のマスク 24 をマトリックス状に形成する。基板 12 は、表面の面指数が {100} の単結晶ダイヤモンドである。次に、図 7 (b) に示す工程で、基板 12 の表面をエッチングし、マスク 24 で覆われた部分に円柱状の隆起部 14 を形成する。ここで、反応性イオンエッチングを用いることで、隆起部 14 が形成された部分以外を平滑にエッチングすることができる。

【0041】 隆起部 14 を形成した後、図 7 (c) に示す工程でマスクを除去する。次いで、図 7 (d) に示す工程で、マイクロ波プラズマ CVD などの気相合成法により隆起部 14 を核としてダイヤモンドを成長させ、ダイヤモンド突部 16 を形成する。本実施形態では、ダイヤモンド突部 16 は {111} 面で囲まれた四角錐形状とされている。このように、ダイヤモンド突部 16 の頭頂部を窄めることにより、ダイヤモンド突部 16 が円柱や角柱等である場合よりも、窓材 10 の光透過率を向上させることが実験により判明した。そして、本実施形態のように、一旦エッチングで隆起部 14 を形成し、この隆起部 14 を核としてダイヤモンドを気相合成法によって成長させることで、ダイヤモンド突部 16 を四角錐などの所望の形に制御し易くなる。

【0042】 また、ダイヤモンド突部 16 を四角錐形状等の様々な形状にするためには、基板 12 の表面の面指数に応じて成長条件を適切に設定して、<111> 方向の成長速度に対する <100> 方向の成長速度の比を変えることが行われる。例えば、ダイヤモンド突部 16 を四角錐形状にする場合、本実施形態のように基板 12 の表面が {100} 面の場合、上記の成長速度の比を  $\sqrt{3}$  以上にすることが好ましい。基板 12 の表面が {11

0} 面の場合、成長速度の比を  $(\sqrt{3})/2$  とすることが好ましい。また、基板 12 の表面が {111} 面の場合、成長速度の比を  $1/(\sqrt{3})$  以下にすることが好ましい。このような成長速度でダイヤモンド突部 16 を成長させる根拠は、ダイヤモンドの結晶構造が立方晶系に属し、{100} 面の面間隔に対する {111} 面の面間隔の比が  $\sqrt{3}$  であることに基づいている。

【0043】 尚、本実施形態においても、第 2 実施形態と同様にダイヤモンド突部 16 を基板 12 の両面に形成することで、光透過率の向上を図ることができる。

【0044】 [第 5 実施形態] 次に、図 8 を参照して、本発明の第 5 実施形態を説明する。まず、図 8 (a) に示す工程で、ダイヤモンド突部を形成すべき部分を除いて基板 12 の表面にマスク 24 を形成する。マスク 24 の窓は、マトリックス状に形成されている。そして、図 8 (b) に示す工程で、マイクロ波プラズマ CVD 法を用いたダイヤモンド合成技術により、マスク 24 の窓からダイヤモンドをエピタキシャル成長させて、複数の円柱状の隆起部 14 を基板 12 と一体的に形成する。隆起部 14 を形成した後、図 8 (c) に示す工程でマスク 24 を除去する。

【0045】 次いで、図 8 (d) に示す工程で、マイクロ波プラズマ CVD などの気相合成法により隆起部 14 を核としてダイヤモンドをエピタキシャル成長させ、ダイヤモンド突部 16 を形成する。本実施形態では、第 4 実施形態と同様にダイヤモンド突部 16 は四角錐形状とされている。このため、窓材 10 の光透過率は高いものとなっている。

【0046】 また、本実施形態のように、一旦ダイヤモンド合成技術で隆起部 14 を形成し、この隆起部 14 を核として更にダイヤモンドを気相合成法によって成長させることで、ダイヤモンド突部 16 を四角錐などの所望の形に制御し易くなる。

【0047】 尚、本実施形態においても、第 2 実施形態と同様にダイヤモンド突部 16 を基板 12 の両面に形成することで、光透過率の向上を図ることができる。

【0048】 次に、図 9 を参照して、第 4 実施形態および第 5 実施形態の変形例を説明する。各変形例は、ダイヤモンド突部 16 の形状に特徴がある。図 9 (a) の変形例では、ダイヤモンド突部 16 は円錐状とされ、図 9 (b) の変形例では、ダイヤモンド突部 16 は四角錐台状とされ、図 9 (c) の変形例では、ダイヤモンド突部 16 は頭頂部に稜線を有する四面体とされている。ダイヤモンド突部 16 をこのような形状にした場合も、四角錐形状にした場合と同様に、窓材 10 の光透過率を高くすることができる。

【0049】

【実施例】 次に、実施例に基づいて本発明をより具体的に説明する。

【0050】 (実施例 1) 本実施例では、図 3 で説明し



た方法によって窓材を作製した。まず、Si基板に気相合成法でダイヤモンドを成長させ、表面を機械研磨した後、Siを溶解除去して多結晶ダイヤモンドの基板を得た。基板は、厚さ350 $\mu$ m、直径15mmで、表面粗さはRa=0.05 $\mu$ mであった。また、波長10.6 $\mu$ mにおける透過率をFTIRにより測定したところ、69 $\pm$ 1%であった。

【0051】そして、この基板の片面に、図3(c)に示すマスクをフォトリソグラフィ法で形成した後、図3(d)に示すように反応性イオンエッチング法で基板と一体的に複数のダイヤモンド突部をマトリクス状に形成した。マスクはA1を用い、エッチングの反応性ガスとして、流量比でCF<sub>4</sub>:O<sub>2</sub>=20:80のガスを用いた。

【0052】次いで、マスクを溶解除去し、窓材を完成させた。窓材の任意の箇所ではダイヤモンド突部の間隔Dおよび高さHを測定したところ、間隔Dは4 $\mu$ m $\pm$ 0.3 $\mu$ m、高さHは3.6 $\mu$ m $\pm$ 0.2 $\mu$ mであった。

【0053】そして、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、82%に達していることが判明した。

【0054】さらに、同様の方法で窓材の裏面にもダイヤモンド突部を形成したところ、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率は、94%にまで向上した。

【0055】(実施例2)本実施例では、図6で説明した方法によって窓材を作製した。実施例1と同様に、厚さ350 $\mu$ m、直径15mmの多結晶ダイヤモンドの基板を用意した。この基板に図6(a)に示すマスクを形成した後、図6(b)に示すようにマイクロ波プラズマCVD法でダイヤモンド突部を高さ4 $\mu$ mまでエピタキシャル成長させた。成長条件は、メタン-水素系でメタン濃度2.2%とし、基板温度900 $^{\circ}$ C、チャンバ圧力1.533 $\times$ 10<sup>4</sup>Paとした。

【0056】マスクを溶解除去して窓材を完成させ、窓材の任意の箇所ではダイヤモンド突部の間隔Dおよび高さHを測定したところ、間隔Dは4 $\mu$ m $\pm$ 0.5 $\mu$ m、高さHは4 $\mu$ m $\pm$ 0.5 $\mu$ mであった。

【0057】そして、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、81%に達していることが判明した。

【0058】(実施例3)本実施例では、実施例1と基板のみを変えて窓材を作製した。基板は、Ib型の高圧合成単結晶ダイヤモンドで形成し、表面を(100)面とし、直径3mm、厚さ0.4mmとした。そして、実施例1と同様に、マスク形成およびエッチング処理を経ることで、窓材を完成させた。得られた窓材の波長10.6 $\mu$ mにおける透過率をFTIRにより測定したところ、83%に達していることが判明した。

【0059】(実施例4)本実施例では、実施例2と基板のみを変えて窓材を作製した。基板は、Ib型の高圧

合成単結晶ダイヤモンドで形成し、表面を(100)面とし、直径3mm、厚さ0.4mmとした。そして、実施例2と同様に、マスク形成およびエピタキシャル成長を行うことで、窓材を完成させた。得られた窓材の波長10.6 $\mu$ mにおける透過率をFTIRにより測定したところ、82%に達していることが判明した。

【0060】(実施例5)本実施例では、図7で説明した方法によって窓材を作製した。基板は、厚さ0.4mm、直径3mmのIb型の高圧合成単結晶ダイヤモンドとし、表面を(100)面とした。基板にマスクを形成し、エッチング処理によって隆起部を形成し、マスクを溶解除去した後、マイクロ波プラズマCVD法によって隆起部を核としてダイヤモンドのホモエピタキシャル成長を行った。成長条件は、メタン-水素系でメタン濃度8%とし、基板温度930 $\sim$ 980 $^{\circ}$ C、チャンバ圧力2 $\times$ 10<sup>4</sup>Paとし、成長時間を2時間とした。この結果得られたダイヤモンド突部は、(111)面で囲まれた四角錐形状となった。

【0061】そして、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、87%に達していることが判明した。

【0062】さらに、同様の方法で窓材の裏面にもダイヤモンド突部を形成したところ、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率は98%にまで達し、波長10 $\sim$ 12 $\mu$ m帯全体にわたって光透過率80%以上となった。

【0063】(実施例6)本実施例では、実施例5と同様に図7で説明した方法によって窓材を作製した。基板は、厚さ0.2mm、直径2.5mmのIb型の高圧合成単結晶ダイヤモンドとし、表面を(110)面とした。基板にマスクを形成し、エッチング処理によって隆起部を形成し、マスクを溶解除去した後、マイクロ波プラズマCVD法によって隆起部を核としてダイヤモンドのホモエピタキシャル成長を行った。成長条件は、メタン-水素系でメタン濃度0.1%とし、基板温度1020 $^{\circ}$ C、チャンバ圧力2 $\times$ 10<sup>4</sup>Paとし、成長時間を1時間とした。この結果得られたダイヤモンド突部は、(111)面と(100)面で囲まれた四角錐形状となった。

【0064】そして、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、86%に達していることが判明した。

【0065】さらに、同様の方法で窓材の裏面にもダイヤモンド突部を形成したところ、波長10.6 $\mu$ mにおける窓材の光透過率は、96%にまで向上した。

【0066】(実施例7)本実施例では、図8で説明した方法によって窓材を作製した。基板は、厚さ0.4mm、直径3mmのIb型の高圧合成単結晶ダイヤモンドとし、表面を(100)面とした。まず、基板にマスクを形成し、マイクロ波プラズマCVD法によってダイヤモンドの隆起部をエピタキシャル成長させた。次いで、

マスクを溶解除去した後、マイクロ波プラズマCVD法によって隆起部を核としてダイヤモンドのホモエピタキシャル成長を行った。成長条件は、メタン-水素系でメタン濃度8%とし、基板温度930~980℃、チャンバ圧力 $2 \times 10^4$  Paとし、成長時間を2時間とした。

この結果得られたダイヤモンド突部は、(111)面で囲まれた四角錐形状となった。

【0067】そして、波長10.6  $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、86%に達していることが判明した。

【0068】さらに、同様の方法で窓材の裏面にもダイヤモンド突部を形成したところ、波長10.6  $\mu$ mにおける窓材の光透過率は、96%にまで向上した。

【0069】(実施例8)本実施例では、実施例5でのホモエピタキシャル成長において、成長時間を1時間とした。その結果、得られた窓材のダイヤモンド突部は、図9(b)に示すように(111)の4つの斜面と(100)面の頭頂部を有する四角錐台形状となった。波長10.6  $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、85%に達していることが判明した。

【0070】(実施例9)本実施例では、実施例5でのホモエピタキシャル成長において、成長時間を40分とした。その結果、得られた窓材のダイヤモンド突部は、図9(c)に示すように、頭頂部に稜線を有する四面体構造となった。波長10.6  $\mu$ mにおける窓材の光透過率をFTIRにより測定したところ、84%に達していることが判明した。

【0071】以上、本発明者らによってなされた発明を実施形態および実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は上記各実施形態および実施例に限定されるものではない。

#### 【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、基板と一体的に複数のダイヤモンド突部を所定の規則に従って形成した構造とされているため、反射防止膜を表面に設けたときと同様に窓材の表面の屈折率を所望の値に調整することができる。断面積が一定である突部を所

定の規則に従い形成すると、突部層全体の見かけの屈折率がダイヤモンドの屈折率と大気(真空)の屈折率との中間の値をとる。そこで、突部層の厚さや突部の配置を最適化することで、所望の屈折率を有する突部層を得ることができるを見出した。さらに、円錐や角錐等の断面積が厚さ方向に変化する突部を形成することで、突部層全体の見かけの屈折率は、ダイヤモンドの屈折率から大気(真空)の屈折率へ連続的に変化させることができる。さらに、各ダイヤモンド突部の高さおよび間隔を調整することで、光透過率を所望の値に設定することができる。これにより、本発明の窓材は、反射防止膜を設けることなく、ダイヤモンドが持つ優れた熱伝導性および耐久性を保持しつつ光透過率の高いものとなっている。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の窓材が用いられた光学用窓を示す断面図である。

【図2】第1実施形態の窓材を示す斜視図である。

【図3】第1実施形態の窓材の製造方法を示す工程図である。

【図4】図4(a)および図4(b)は、第1実施形態の窓材の変形例を示す図である。

【図5】第2実施形態の窓材が用いられた光学用窓を示す断面図である。

【図6】第3実施形態の窓材の製造方法を示す工程図である。

【図7】第4実施形態の窓材の製造方法を示す工程図である。

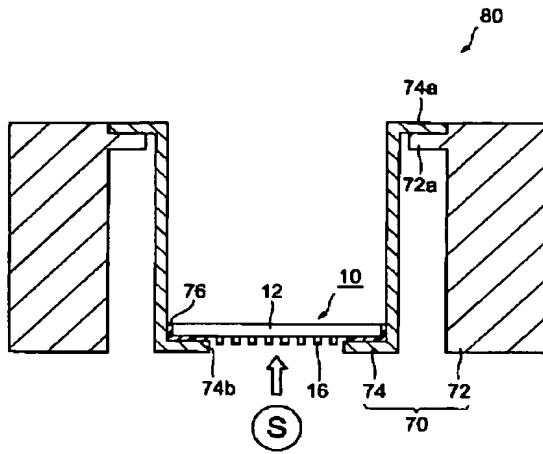
【図8】第5実施形態の窓材の製造方法を示す工程図である。

【図9】図9(a)~図9(c)は、第4実施形態および第5実施形態の窓材の変形例を示す図である。

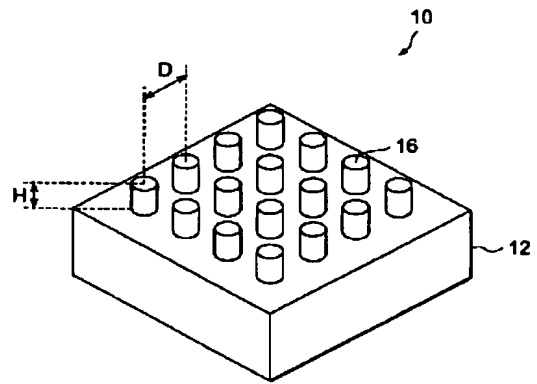
#### 【符号の説明】

10…窓材、12…基板、14…隆起部、16…ダイヤモンド突部、24…マスク、70…接合部材、72…外枠、74b…開口部、74…内枠、76…接合材、80…光学用窓。

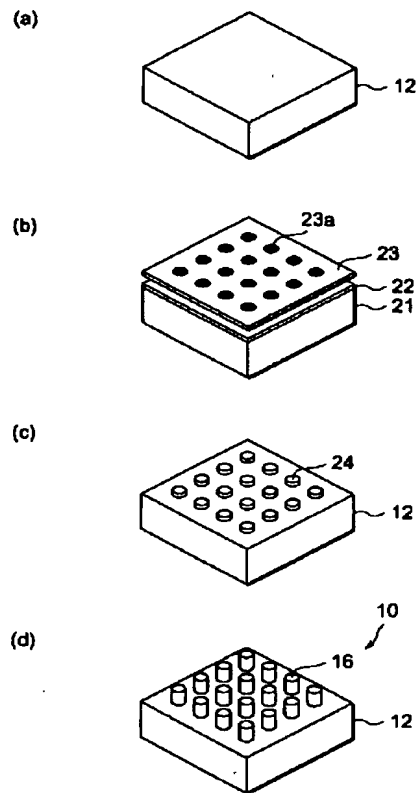
【图 1】



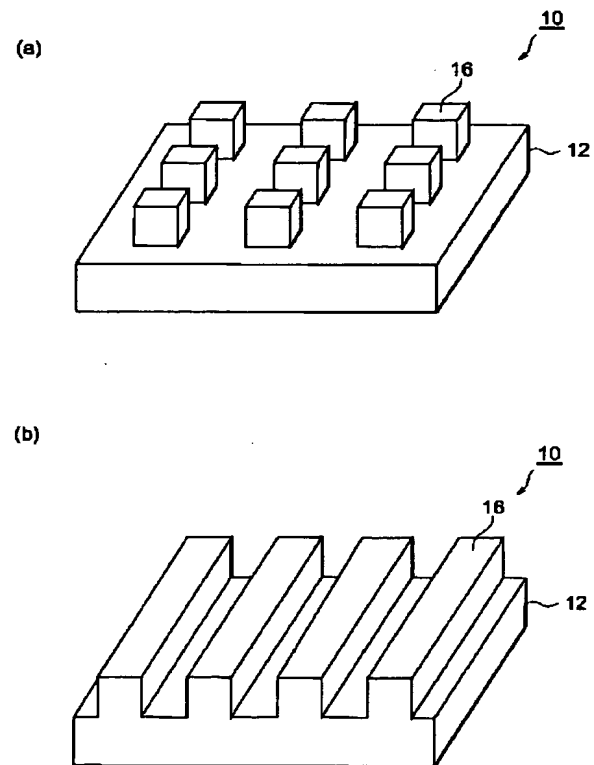
【図 2】



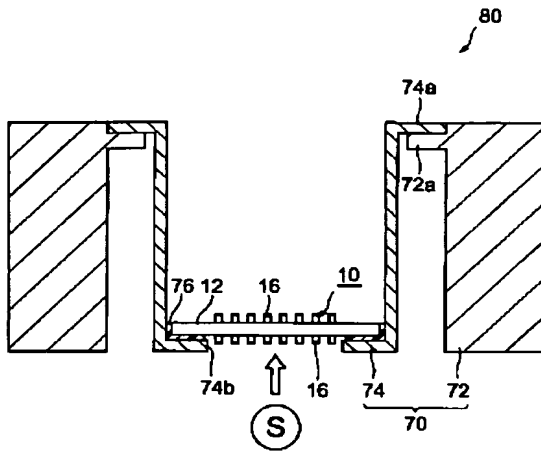
【図 3】



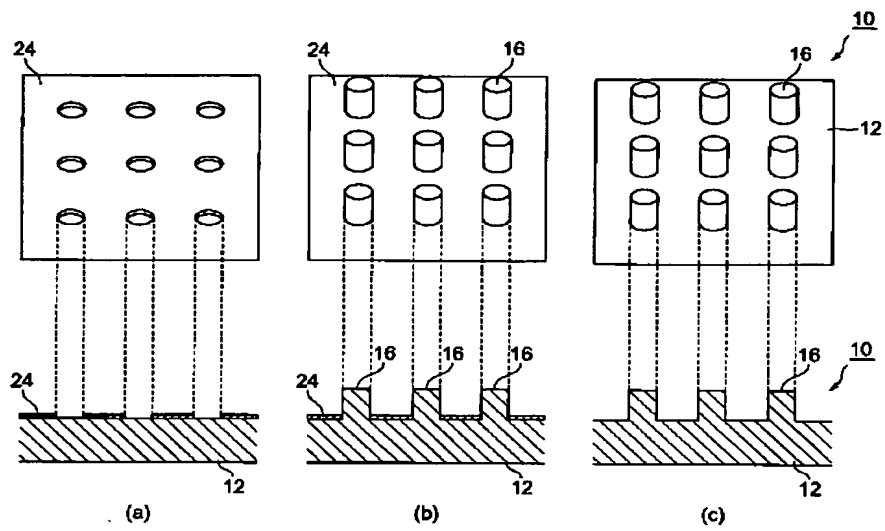
【図 4】



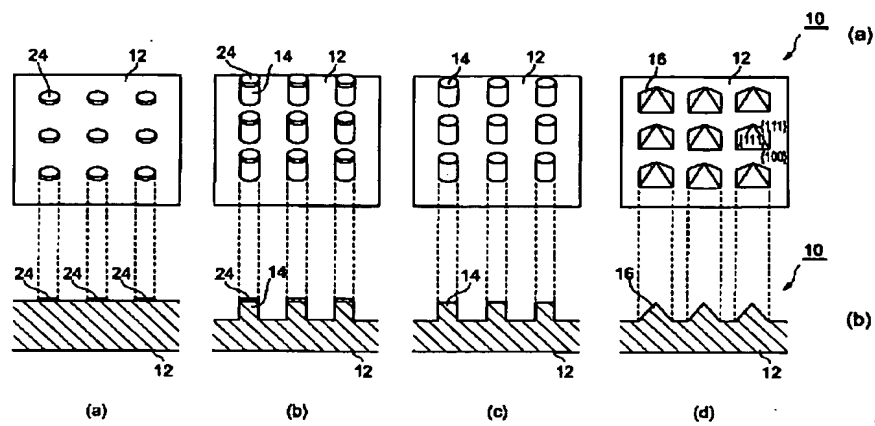
【図 5】



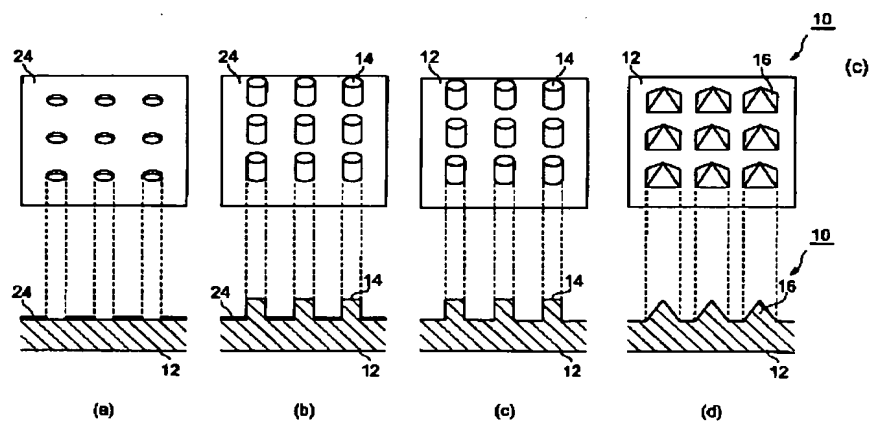
【図 6】



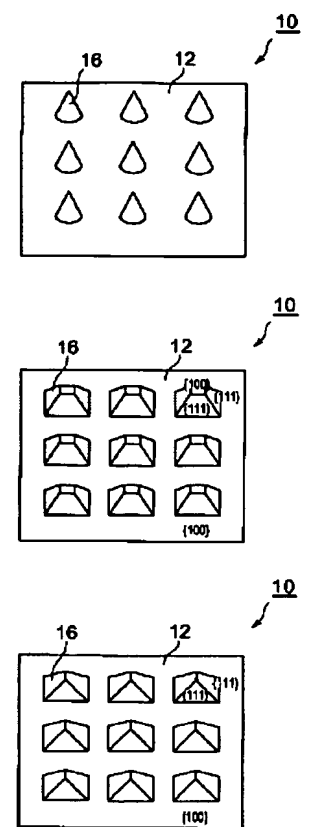
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

F ターム (参考) 2H042 AA07 AA33 BA04 BA13 BA16  
 2K009 AA01 CC01 DD03 DD12  
 4G077 AA10 BA03 DB01 EE02 EE07  
 FG03 FG18 HA01 TC17